بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه زنجان

گزارش کار آزمایشگاه فیزیک ۱

آزمایش اصل بقا اندازه حرکت خطی در برخورد دو جسم کشسان

تاریخ انجام آزمایش:۱۳۸۹/۷/۲۷

تاریخ تحویل گزارش:۱۳۸۹/۸/۴

هدف آزمایش:

تحقیق اصل بقای اندازه حرکت خطی (ممنتوم خطی)

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

۱. گلوله فلزی
۲. گلوله شیشه ای
۳. شاقول
۴. سطح قوس دار (شیبدار)
۵. خط کش یا متر
۶. کاغذ
۷. کاربن
۸. ترازو

مقدمه:

به حاصل ضرب جرم هر ذره در سرعتش مومنتوم، یا اندازه حرکت آن ذره گوییم. از آنجا که سرعت کمیتی برداری است، اندازه حرکت نیز کمیتی برداری است. طبق رابطه زیر اندازه حرکت یک دستگاه، برابر مجموع اندازه حرکتهای اجزاء آن دستگاه خواهد بود یعنی:

$$\overrightarrow{P_{tot}} = \overrightarrow{m_1 V_1} + \overrightarrow{m_2 V_2} + \cdots + \overrightarrow{m_n V_n} \quad \xrightarrow{yields} \quad \overrightarrow{P_{tot}} = \overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{P_2} + \cdots + \overrightarrow{P_n}$$

تعریف دستگاه بسته :

منظور از دستکاه بسته، سیستمی است که از دو یا چند ذره یا جسم تشکیل شده که تحت اثر نیرو های خارجی نباشد.

اصل بقای اندازه حرکت خطی:

از قانون سوم نیوتن استفاده می کنیم که برای یک دستگاه بسته اندازه حرکت کل ثابت است. فرض میکنیم که دستگاه شامل دو جسم به جرمهای m_1 و m_2 باشد. طبق قانون دوم نیوتن میدانیم که:

$$\vec{f} = m\vec{a} = m(\frac{d\vec{v}}{dt})$$

جسم اول نیروی f_{12} را به جسم دوم وارد میکند. طبق قانون سوم نیوتن جسم دوم نیز نیروی f_{21} را در جهت مخالف به جسم اول وارد میکند.

$$\overrightarrow{f_{12}} = m_2(\frac{d\overrightarrow{v_2}}{dt})$$

$$\overrightarrow{f_{21}} = m_1(\frac{d\overrightarrow{v_1}}{dt})$$

چون اندازه این دو نیرو برابر و جهت آن ها عکس یکدیگر است پس:

$$\overrightarrow{f_{12}} + \overrightarrow{f_{21}} = 0 \rightarrow m_2(\frac{d\overrightarrow{v_2}}{dt}) + m_1(\frac{d\overrightarrow{v_1}}{dt}) = 0 \rightarrow (\frac{d\overrightarrow{m_2 v_2}}{dt}) + (\frac{d\overrightarrow{m_1 v_1}}{dt}) = 0$$

$$\frac{d\overrightarrow{p_1}}{dt} + \frac{d\overrightarrow{p_2}}{dt} = 0 \rightarrow \frac{d(\overrightarrow{p_1 + p_2})}{dt} = 0 \rightarrow \overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2} = \vec{c}$$

برخورد :

در مسائل مکانیک هر اندر کنشی که بین دو یا چند ذره در مدت بسیار کوتاه اتفاق بیفتد، میتوان به عنوان برخورد مورد بررسی قرار گیرد.
بطوری که نیرو های ایجاد شده در طول این اندر کنش کوتاه مدت، به اندازه ای بزرگ باشند که نقش تمام نیرو های دیگر اعمال شونده قابل صرف نظر کردن هستند. بنا براین ما میتوانیم اثر نیرو های خارجی را در مدت زمان برخورد در نظر نگرفته و به این نتیجه برسیم که با یک دستگاه بسته سرو کار داریم و قانون بقای اندازه حرکت را صادق بدانیم.

{خارج از گود...

برخورد غیر کشسان :

دو جسم با جرمهای m_1 و m_2 را در نظر گرفته فرض می کنیم که تندی آنها قبل از برخورد v_1 و v_2 باشد.
این دو جسم پس از برخورد به یکدیگر چسبیده و جسم واحدی به جرم $m = m_1 + m_2$ را تشکیل داده که تندی v را پیدا می کند.
بدین ترتیب برای اندازه حرکت قبل و بعد از برخورد میتوانیم بنویسیم:

قبل از برخورد → $p_1 = m_1v_1 + m_2v_2$

بعد از برخورد → $p = (m_1 + m_2)v$

در این نوع برخورد (برخورد نرم) مقداری از انرژی جنبشی دو جسم صرف تغییر شکل ساده در ماده ای میشود که این دو جسم را به یکدیگر چسبانده است . لذا در این حالت نمیتوانیم رابطه بقاء انرژی را به کار بریم.
این مقدار کاهش انرژی را در این برخورد با نام کاهش نسبی انرژی میشناسیم :

$$\mathrm{I} = (\mathrm{E_c} - \mathrm{E_c^2})/\mathrm{E}$$

$E_C =$ ***کل انرژی جنبشی در جسم قبل از برخورد***

$E_C^2 =$ ***کل انرژی جنبشی در جسم بعد از برخورد***

$\mathrm{I} =$ ***کاهش نسبی انرژی جنبشی***

...}

برخورد کشسانی کامل :

فرض میکنیم دو جسم به جرم های m_1 و m_2 با تندی v_1 و v_2 به یکدیگر برخورد کرده در نتیجه تندی های v' و v'' را پیدا میکنند چنانچه در این نوع برخورد هیچگونه تغییری در وضعیت ظاهری اجسام داده نشود یعنی دو جسم صلب باشند در چنین موردی روابط اصل بقا اندازه حرکت و نیز روابط اصل بقا انرژی جنبشی را می توانیم به کار ببریم:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v' + m_2v''$$

$$\frac{1}{2}m_1(v_1)^2 + \frac{1}{2}m_2(v_2)^2 = \frac{1}{2}m_1(v')^2 + \frac{1}{2}m_2(v'')^2$$

{ممکن است برخورد مطابق هیچ یک از دو حالت فوق الذکر صورت نگیرد. بلکه در برخورد دو جسم با هم بدون اینکه بیکدیگر چسبیده شوند که در این میان مقداری از انرژی جنبشی کل تبدیل به حرارت شود. که مشخصه آنها با ضریبی موسوم به (ضریب بازگشت) خواهد بود.}

تئوری اندازه حرکت:

جسمی که به آن نیروی خارجی وارد نشود ثابت باقی می ماند. اگر دو گلوله سخت را در نظر بگیریم چنانچه نیروی خارجی به انها وارد نشود و با هم برخورد کنند، مجموع اندازه حرکت خطی آن ها قبل و بعد از برخورد با یکدیگر برابرند. هر گاه گلوله ای به جرم m_2 و با سرعت v_2 بر روی امتدادی حرکت کند و با گلوله دیگر به جرم m_1 که با سرعت v_1 که در حرکت است، (با فرض $v_1 > v_2$) برخورد رو در رو انجام دهد، (امتداد حرکت قبل از برخورد و بعد از برخورد ثابت باقی بماند) و سرعتهای دو گلوله بعد از برخورد را به ترتیب با v_2' و v_1' نشان دهیم طبق اصل بقا اندازه حرکت خطی میتوان نوشت :

$$(1)\ m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

حال اگر حالت خاصی را در نظر بگیریم که گلوله m_2 قبل از برخورد در حال سکون باشد ($v_2 = 0$) رابطه (1) به صورت زیر نوشته میشود

$$(2)\ m_1v_1 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

همان طور که میدانیم، در حرکت پرتابی بین سرعت اولیه پرتاب یک گلوله، برد و ارتفاع پرتاب گلوله رابطه ای به شکل زیر برقرار است که با توجه به این رابطه میتوان نوشت :

$$R = v\sqrt{\frac{2h}{g}} \xrightarrow{yields} v = R\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

حال اگر فرض کنیم که ابتدا گلوله اول به تنهایی بعد از رها کردن از ابتدای سطح شیبدار مورب، از انتهای دیگر آن با سرعت v_1پرتاب شود و برد آن دراین حالت R_1 بدست اید و سپس گلوله دوم در انتهای سطح شیبدار در حال سکون قرار گیرد و گلوله بعد از رها شدن از ابتدای سطح شیبدار با گلوله دوم برخورد کرده و هر دو گلوله به کف آزمایشگاه پرتاب شوند و سرعت آنها به ترتیب به صورت زیر می باشد. (v_1' سرعت گلوله فلزی بعد از برخورد و v_2' سرعت گلوله شیشه ای بعد از برخورد می باشد)

$$v_1 = R_1\sqrt{\frac{g}{2h}} \qquad v_2' = R_2'\sqrt{\frac{g}{2h}} \qquad v_1' = R_1'\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

با جایگذاری این سرعت ها در رابطه (1) می توان نوشت:

$$(3)\ m_1R_1 + m_2R_2 = m_1R_1' + m_2R_2'$$

دستور کار :

سطح شیب دار را طوری روی میز قرار دهید که انتهای آن کاملا افقی باشد و یک صفحه ی کاغذی بزرگ روی سطح آزمایشگاه پهن کنید و به کمک شاقول سطح شیبدار را بر روی کاغذ مشخص کنید.سپس باقرار دادن کاربن روی کاغذ گلوله ی فولادی را از ابتدای سطح مورب بدون سرعت اولیه رها کرده و محل برخورد انرا بر روی کاغذی که در کف ازمایشگاه قرار داده اید به کمک کاربن ثبت نمایی.و این عمل را حداقل ۱۰ بار تکرار کنید هر بار برد را با خط کش اندازه گیری کرده و سپس برد متوسط را همراه خطای ان به دست اورید سپس گلوله ی شیشه داده شد ه را در انتهای سطح مورب قرار داده و گلوله ی فولادی را از ابتدای سطح شیب دار رها کنید تا با گلوله ی شیشه ای برخورد کرده و هر دو به کف آزمایشگاه و بر روی کاغذ و کاربن قرار داده شده پرتاب شده و اثر انها بر روی کاغذ ثبت شود.حال با کمک خط کش برد کلوله ها را اندازه گیری کرده واین عمل راحداقل ۱۰ بار تکرار کنید و بردهای میانگین را با خطا محاسبه کنید.

آنگاه جرمهای m_1 و m_2 را با ترازو تعیین کنید و نسبت $\frac{m1}{m_2}$را با خطا بدست آورید.

یک بار نیز نسبت $\frac{m_1}{m_2}$ و خطای آنرا با توجه به مقادیر برد گلوله ها محاسبه کرده وسپس آانرا با مقادیر بدست امده از طریق ترازو مقایسه کنید.

شرح آزمایش:

ابتدا سطح شیبدار را با لبه ی میز تراز کردیم و به کمک شاقول نقطه ی زیرین میز روی زمین را علامت زدیم تا اندازه R ها (برد گلوله ها) را از آن نقطه بسنجیم. ارتفاع زمین تا لبه ی میز را با خط کش اندازه گرفتیم. (مقادیر اندازه گیری شده در قسمت بعدی ارائه شده) سپس کاغذها را کف آزمایشگاه گذاشته و با چسب آنها را روی زمین محکم کردیم. بعد روی آنها کاربن قرار دادیم تا پس از برخورد گلوله، اثر آن روی کاغذ بماند. گلوله فلزی را از بالای سطح شیبدار رها کردیم تا به زمین برخورد کند. این کار را ۱۰ مرتبه انجام دادیم و مقادیر بدست آمده برای R را یاداشت کردیم. سپس گلوله شیشه ای را در انتهای سطح شیبدار قرار دادیم و گلوله فلزی را دوباره از بالای سطح شیبدار رها کردیم. با برخورد این دو گلوله، هر دو آنها به کف آزمایشگاه پرتاب شدند و ما دوباره مقادیر برد را برای آنها اندازه گرفتیم. این کا را نیز ۱۰ مرتبه تکرار کردیم. سپس با محاسبه میانگین بردها در هر دو مرحله ی آزمایش و قرار دادن آن ها در رابطه ی (1) به پایسته بودن تکانه یا اندازه حرکت در برخورد کشسان پی بردیم. در ضمن نسبت جرم دو گلوله را نیز از دو روش بدست آوردیم. اول با اندازه گیری توسط ترازو و دوم با روابط بدست آمده از فرمول (3) و دیدیم که مقدار بدست آمده از طریق روابط دارای خطا بود.

مقادیر اندازه گیری شده:

ارتفاع لبه میز تا زمین	h	83 cm
جرم گلوله فلزی	m_1	65 g
جرم گلوله شیشه ای	m_2	24 g

نتایج مرحله اول آزمایش:

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
برد گلوله فلزی	58	56.5	54	61	57.5	57	60.5	55	56	59
خطای مطلق	0.55	-0.95	-3.45	3.55	0.05	-0.45	3.05	-2.45	-1.45	1.55
درصدخطای نسبی	0.95%	-1.25%	-4.57%	4.70%	0.06%	-0.59%	4.04%	-3.24%	-1.92%	2.05%

برد واقعی = برد میانگین

$$R_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} = \frac{58 + 56.5 + 54 + 61 + 57.5 + 57 + 60.5 + 55 + 56 + 59}{10} = 57.45$$

خطای نسبی = (خطای مطلق تقسیم بر میانگین)

خطای مطلق = تفاضل مقدار اندازه گیری شده و میانگین

نتایج مرحله دوم آزمایش:

شماره آزمایش	**۱**	**۲**	**۳**	**۴**	**۵**	**۶**	**۷**	**۸**	**۹**	**۱۰**
برد گلوله شیشه	64	50	51	50.5	53	52	54	55	60	61.5
خطای مطلق	8.9	-5.1	-4.1	-4.6	-2.1	-3.1	-1.1	-0.1	4.9	6.4
درصدخطای نسبی	16.15%	-9.25%	-7.44%	-8.34%	-3.81%	-5.62%	-1.99%	-0.18%	8.89%	11.61%
برد گلوله فلزی	38	38.5	38	37.5	34.5	40	41.5	30	30	41
خطای مطلق	1.1	1.6	1.1	0.6	-2.4	3.1	4.6	-6.9	-6.9	4.1
درصدخطای نسبی	2.98%	4.33%	2.98%	1.62%	-6.50%	8.40%	12.46%	-18.69%	-18.69%	11.11%

برای گلوله شیشه ای:

$$R_{ave} = \frac{64 + 50 + 51 + 50.5 + 53 + 52 + 54 + 55 + 60 + 61.5}{10} = 55.1$$

برای گلوله فلزی:

$$R_{ave} = \frac{38 + 38.5 + 38 + 37.5 + 34.5 + 40 + 41.5 + 30 + 30 + 41}{10} = 36.9$$

محاسبات:

طبق رابطه $v = R\sqrt{\frac{g}{2h}}$ داریم:

$$v_1 = 57.45\sqrt{\frac{10}{2 \times 83}} = 14.10 \quad v_1' = 36.9\sqrt{\frac{10}{2 \times 83}} = 9.05 \quad v_2' = 55.1\sqrt{\frac{10}{2 \times 83}} = 13.52$$

با بررسی رابطه $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ داریم:

$$65 \times 14.10 \cong 65 \times 9.05 + 24 \times 13.52 \quad \rightarrow \quad 916.5 \cong 588.25 + 324.48 \quad \rightarrow \quad 916.5 \cong 912.73$$

برای محسبه نسبت جرم دو گلوله، از رابطه (3) داریم:

$$m_1R_1 + m_2R_2 = m_1R_1' + m_2R_2'$$

$$m_1 \times 57.45 = m_1 36.9 + m_2 55.1 \quad \rightarrow \quad \frac{m_1}{m_2} = 2.681$$

همچنین با توجه به داشتن جرم دو گلوله داریم:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{65}{24} = 2.708$$

نتیجه گیری:

با انجام محاسبات بالا پی بردیم که اندازه تکانه در برخورد کشسان پایسته است. همچنین تفاوت بوجود آمده بین نسبت دو جرم ناشی از خطاهای اندازه گیری می باشد.